

Opciones reales como estrategia de generación de valor para inversionistas en proyectos APP

María Camila Aristizábal Isaza

marist37@eafit.edu.co

Resumen

Cerrar la brecha en infraestructura en América Latina es uno de los retos más grandes que tiene la región. La estructuración de proyectos por medio de alianzas público-privadas es una de las herramientas que se tiene hoy en día para involucrar al sector privado y lograr los niveles de inversión requeridos en la zona. La naturaleza de largo plazo en este tipo de contratos incrementa considerablemente los riesgos y dificulta la bancabilidad de los proyectos debido al alto grado de incertidumbre asociado a los mismos. Los inversionistas privados requieren garantías que mitiguen estos riesgos, sin embargo, el sector público no está dispuesto a asumir más riesgos de los necesarios que comprometan vigencias futuras. Las opciones reales se presentan como una alternativa para brindar flexibilidad en los proyectos de tal forma que se puedan moldear y mitigar los riesgos en la medida en que presenta nueva información para el inversionista. En este trabajo se expone un caso de estudio en donde se compara la viabilidad financiera de un proyecto de infraestructura valorado únicamente según el criterio del valor presente neto con respecto a un escenario en donde se incluyen opciones reales que generan flexibilidad para el inversionista.

Abstract

Closing the infrastructure gap in Latin America is one of the region's biggest challenges. The structuring of projects through public-private partnerships is one of the tools we have today to involve the private sector and achieve the level of investment required in the region. The long-term nature of this type of contracts increases the risk and makes the project's bankability difficult due to the high degree of uncertainty associated. Private investors require guarantees that mitigate these risks but the public sector is not willing to take more risks than necessary by compromising future period's resources through government guarantees. The real options are presented as a tool to provide flexibility in the projects in such a way that risks can be molded and mitigated as new information is presented to the investor. This paper presents a case study comparing the financial viability of an infrastructure project valued only according to the criterion of net present value with respect to a scenario that includes real options that generate flexibility for the investor.

Palabras clave

APP, opciones reales, simulación Montecarlo, infraestructura, APV

Key Words

APP, real options, Montecarlo simulation, infrastructure, APV

1 Introducción

La incertidumbre asociada a los proyectos de infraestructura constituidos como alianzas público-privadas es muy alta teniendo en cuenta la naturaleza de largo plazo que tienen los

contratos. Las opciones reales se presentan como una alternativa para valorar la flexibilidad y soportar la bancabilidad de ciertos proyectos de inversión.

De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo, hay una brecha en términos de cantidad y calidad de la infraestructura en Latinoamérica y el Caribe en comparación con las necesidades que tiene la región, las economías avanzadas y los países emergentes asiáticos (IDB, 2013). La inversión en infraestructura en América Latina debe estar entre el 4% y 6% del Producto Interno Bruto (PIB) por veinte años si quiere lograr niveles de cobertura similares a Corea (The World Bank, 2007).

De acuerdo con los datos de inversión en infraestructura económica de INFRALATAM, la inversión en este sector en Colombia fue aproximadamente de un 3.5% entre los años 2008 y 2013, en donde el sector público aportó un 2.5% y el sector privado un 1%. Con la aprobación de la Ley 1508 de 2012, sobre las Asociaciones Público-Privadas (APP), se genera un marco legal en donde se busca incrementar la participación privada en infraestructura. En Colombia hay un consenso político para mantener un marco de referencia favorable y proactivo en proyectos de concesión (Economist Intelligence Unit, 2014), evidenciado en un incremento de la inversión en el sector en los años 2014 y 2015, con niveles del 4.5% y 6.5% del PIB y con una participación del sector privado del 2.4% y 4.1% respectivamente (INFRASCOPE, 2017).

Para lograr los niveles de inversión requeridos es de vital importancia involucrar al sector privado en el desarrollo de la infraestructura. Para esto se requiere un marco legal bien definido, un adecuado proceso para el diseño y adjudicación de los proyectos de concesión, una metodología efectiva para la asignación y manejo de riesgos y, finalmente, se requiere incrementar la capacidad de los entes reguladores y entidades públicas que participan en el proceso (The World Bank, 2007). Cada uno de estos puntos ha tenido avances en Colombia durante los últimos años, sin embargo, la confianza del sector privado no es lo suficientemente fuerte aún y de allí que solo siete de los treinta y tres proyectos previamente aprobados por la nación en el programa de autopistas 4G, hayan logrado cierre financiero. ¿A qué se debe la falta de confianza del sector? Es difícil determinar todas las razones, pero recientes casos de corrupción e incertidumbre con respecto a los riesgos de mercado en las iniciativas privadas pueden ser fuente de dudas para la bancabilidad de los proyectos.

De acuerdo con el Foro Económico Mundial, la dificultad de que los proyectos tipo APP logren iniciar radica en la falta de proyectos bien preparados y bancables, en donde los inversionistas tengan una confianza suficiente con respecto a la viabilidad técnica y comercial, la asignación de riesgos, el compromiso contractual del sector público y el marco legal en que se desenvuelven este tipo de proyectos (WEF, 2013).

Muchos de los proyectos de infraestructura desarrollados bajo esquema APP han fallado por la evaluación de una sola variable: la demanda (WEF, 2013). Estudios realizados por Standard & Poor's revelan una desviación considerable de la variable real de tráfico con respecto al desempeño del pronóstico, y una existencia de un sesgo optimista. El tráfico real para una muestra considerable de vías con cobro de peajes con respecto al pronosticado, fue

en promedio sobrestimado en el primer año entre un 20% y un 30%, con una media de la distribución en 0.77 y una desviación estándar de 0.26 (S&P, 2005). Por otro lado, los contratos APP suelen ser adjudicados por más de veinte años, un espacio de tiempo lo suficientemente amplio en donde se pueden generar muchos cambios. Una asignación de riesgos balanceada es crucial para el desarrollo de los proyectos (WEF, 2013).

Son muchos los retos que tiene el sector, es claro que se requieren de más herramientas que permitan lograr una adecuada asignación de riesgos entre el sector privado y el sector público, en donde ambas partes queden satisfechas con la relación riesgo-rentabilidad y se pueda ampliar el campo de acción de este tipo de proyectos. La naturaleza de los contratos APP es de largo plazo, característica que genera alta incertidumbre con respecto al valor esperado del mismo. Este hecho pone gran presión sobre los proyectos y posiblemente los proyectos rentables no pasen la prueba bajo estas condiciones.

La flexibilidad en los contratos se puede usar como una herramienta para tratar con esta incertidumbre, viéndola más como una oportunidad de inversión que como una amenaza (Oliveira y Cunha, 2013). Las opciones reales se presentan como una alternativa adicional a la hora de estructurar proyectos de infraestructura a largo plazo, pues, brindan flexibilidad para la gestión de los inversionistas y permiten aplicar estrategias que modelen y mitiguen el riesgo. Esta flexibilidad permite tomar decisiones a medida que se va presentando nueva información, de tal forma que se puedan eliminar casos no favorables para el proyecto (Mattar y Cheah, 2006).

En este trabajo se presenta, por un lado, un caso de estudio para una vía, comparando el valor del proyecto para un caso base bajo el método tradicional de VPN; y, por otro lado, un caso con la inclusión de opciones reales que agreguen valor a través de la flexibilidad que aporten al mismo. En esta propuesta se presenta: el marco conceptual en el capítulo dos; la metodología de solución en el capítulo tres; el análisis de resultados en el capítulo cuatro; las conclusiones en el capítulo cinco; y, finalmente, las referencias en el capítulo seis.

2 Marco de referencia conceptual

2.1 *Project Finance*

Project Finance se entiende como un financiamiento estructurado de una entidad económica específica o *special-purpose vehicle* (SPV) creada por *sponsors* en donde se utiliza *equity* y deuda *mezzanine* y por la cual el prestamista considera los flujos de caja como fuente de pago principal del préstamo, y los activos representan únicamente colateral (Gatti, 2012). También se puede interpretar como una red de contratos entre contrapartes como: *sponsors*, constructores, compradores, proveedores, financiadores, operadores, gobierno, entre otros.

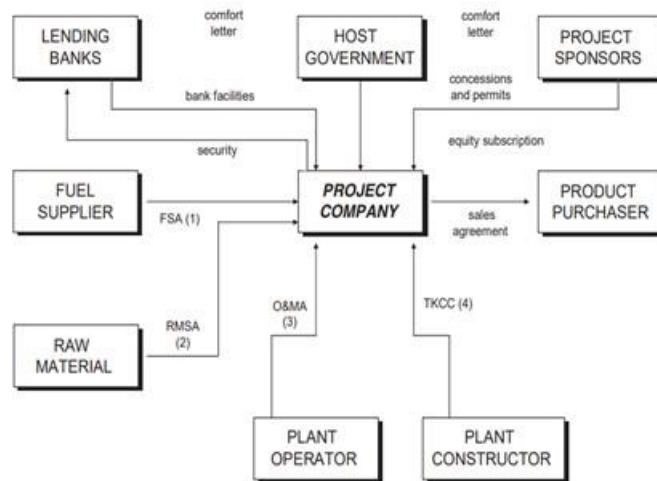


Ilustración 1. Estructura típica de contratos en Project Finance (Gatti, 2012).

Dentro de las características principales de este tipo de financiación se tiene que el SPV actúa como deudor que es financiera y legalmente independiente de los *sponsors*, los riesgos del proyecto son asignados en las partes involucradas de acuerdo con su capacidad para controlar y manejar estos riesgos. Los flujos de caja generados por el SPV deben ser suficientes para cubrir pagos por costos operativos y servir a la deuda en términos de amortización de capital y pago de intereses. Cuando se tiene la participación del sector privado en la realización de obras públicas se entra a un esquema de trabajo denominado alianzas público-privadas, en donde la participación pública entra en juego a través de la concesión de la explotación económica de los bienes públicos por un periodo de tiempo definido en manos del sector privado (Gatti, 2012).

Como se mencionó, una de las características más importantes de la estructuración de proyectos tipo *Project Finance* es la adecuada asignación de riesgos entre las partes involucradas, pues, con el tiempo pueden surgir cambios inesperados que afecten la habilidad del proyecto de pagar costos, servicio de la deuda y dividendos. Para esto se tienen tres estrategias para mitigar el riesgo: retención; transferencia a contraparte; o transferencia a aseguradoras. En el caso de proyectos tipo *Project Finance* el segundo caso es el más usado. Cada parte administrará los riesgos para los cuales tiene mayor capacidad de control (Gatti, 2012).

En proyectos de infraestructura pueden presentarse muchos riesgos especialmente cuando se evalúan en el largo plazo. Dentro de los riesgos más representativos están: los sobrecostos; atraso y calidad durante la construcción; y mantenimiento y demanda durante la operación. Y los riesgos en ambas fases como: desastres naturales; riesgos políticos y sociales; cambios en las tasas de cambio y de interés; e inflación (Gatti, 2012). En proyectos de infraestructura vial los riesgos de construcción son asumidos por los constructores y el riesgo de mantenimiento de la vía por el operador. Para las fluctuaciones macroeconómicas se utilizan derivados financieros para su cobertura. Y, finalmente, los riesgos políticos y sociales son

asumidos por el sector público. Dentro de todos estos riesgos el de mayor incertidumbre y el más difícil de controlar es el riesgo de demanda. En muchas concesiones viales el sector público asume el riesgo de disminución en el tráfico esperado, sin embargo, cuando el sector público no asume este riesgo los *sponsors* deben asumirlo, lo que incrementa considerablemente su costo de oportunidad y trae como consecuencia que muchos proyectos sean rechazados por la alta incertidumbre que esto genera.

2.2 Valoración de proyectos por *Adjusted Present Value* (APV)

Los proyectos estructurados por *Project Finance* son altamente apalancados con una estructura financiera que cambia constantemente con los años hasta finalizar el proyecto. Esta característica hace que el método de valoración más apropiado sea por APV (*Adjusted Present Value*). En el esquema APV se valora inicialmente el proyecto sin deuda. A medida que se incrementa la deuda del proyecto se considera el efecto neto en el valor al considerar tanto los beneficios como los costos de prestar recursos (Berk, DeMarzo, 2014). Para la valoración por medio de APV se tienen tres pasos, inicialmente se valora el proyecto sin apalancamiento y después se considera el valor presente del beneficio tributario.

$$V^L = V^U + PV(\text{Beneficio Tributario}) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\beta_U = \frac{\beta_L}{\left(1 + \frac{D}{E}\right)} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$k_u(\text{USD}) = r_f + \beta_U * (r_M - r_f) \quad \text{Ecuación 3}$$

$$k_u(\text{COP}) = k_u(\text{USD}) * (1 + \text{Devaluación}) - 1 \quad \text{Ecuación 4}$$

$$V^U = \sum_{t=1}^T \frac{FCL_t}{(1+k_u)^t} \quad \text{Ecuación 5}$$

El valor del proyecto desapalancado se calcula descontando los flujos de caja libre a la tasa desapalancada del inversionista. Para la valoración del beneficio tributario asociado al apalancamiento se procede así:

$$\text{Beneficio tributario}_t = k_D * D_{t-1} * \tau_c \quad \text{Ecuación 6}$$

$$PV(\text{Beneficio Tributario}) = \sum_{t=1}^T \frac{\text{Beneficio tributario}_t}{(1+k_D)^t} \quad \text{Ecuación 7}$$

2.3 *Cash Waterfall Structure*

La cascada de flujos de caja asegura que cada ítem del flujo ocurra en la prelación correcta con respecto a otros ítems. Aunque esta cascada puede variar según la estructuración de cada proyecto en general se maneja el siguiente esquema:

(+) Ingresos
(-) OPEX
(-) Impuestos Operativos
(=) Flujo de caja de las Operaciones
(-) CAPEX
(=) Flujo de caja disponible para la Cuenta de Reserva de Mantenimiento Mayor
(-) Dotación para la Cuenta de Reserva de Mantenimiento Mayor
(=) Flujo de caja operativo antes de impuestos
(-) Impuesto de Renta
(=) Flujo de caja neto de las actividades de operación
(+) Caja inicial año anterior
(+) Capital
(+) Ingresos financieros
(+) Deuda
(=) Flujo de caja al servicio de la deuda (CFADS)
(-) Gastos financieros
(-) Comisiones de deuda
(-) Pago de principal
(=) Flujo de caja disponible para la Cuenta de Reserva al Servicio de la Deuda
(-) Dotación de la Cuenta de Reserva al Servicio de la deuda
(=) Flujo de caja Disponible para Cash Sweep
(-) Cash Sweep
(=) Flujo de caja disponible para los inversionistas
(-) Dividendos
(=) Flujo de caja Neto

Ilustración 2. Cascada de Flujos de Caja (elaboración propia).

2.4 Modelación de costos de mantenimiento mayor

En grandes proyectos de infraestructura planteados con una visión de largo plazo es usual encontrar grandes rubros destinados al mantenimiento mayor de los mismos, esto por el uso prolongado durante varios años. Estas reinversiones pueden significar grandes sumas de dinero en donde el flujo de caja disponible de un solo año no es suficiente para hacer frente a estos requerimientos de capital. Por esta razón es común estructurar y modelar una cuenta de reserva para el mantenimiento mayor (CRMM o MMRA). Esta cuenta se puede estructurar de numerosas formas, una de las más comunes es definir un valor objetivo cada año según la previsión de costos de mantenimiento mayor de los periodos siguientes. El número de periodos requeridos en la cuenta varía para cada proyecto según requerimientos de los financiadores.

2.5 Estructura de capital y ratios de cobertura

La estructura óptima de capital para los inversionistas es aquella que maximice los retornos con respecto al *equity* requerido inicialmente. El pago principal de la deuda se puede estructurar de numerosas formas como pagos anuales, pago *bullet* o perfil de deuda (*debt sculpting*), siendo el último caso el más común pues logra optimizar la capacidad de asimilar la deuda por parte del proyecto de acuerdo con los requerimientos de los financiadores. Con el esquema de amortización de perfil de deuda (*debt sculpting*) se programa el repago de capital según el flujo de caja al servicio de la deuda esperado para un determinado periodo y los ratios de cobertura exigidos por los financiadores. Dentro de los ratios de cobertura más usados se tienen:

- *Debt service coverage ratio* (DSCR): este ratio expresa la relación entre el flujo de caja al servicio de la deuda y el servicio de la deuda programado (principal e intereses) y permite analizar la capacidad de un proyecto para repagar periódicamente la deuda vigente. Usualmente para proyectos de infraestructura vial se exige un valor de 1.3 (Corality Financial Group, 2017).
- *Debt service reserve account* (DSRA): funciona como una medida de seguridad adicional para los prestamistas del proyecto. Generalmente es un depósito igual al servicio de deuda esperado para un número determinado de meses (Corality Financial Group, 2017).
- *Loan life coverage ratio* (LLCR): a diferencia del DSCR este ratio no mide la capacidad de pago del proyecto con base a cada periodo, sino con respecto a la totalidad del proyecto. El LLCR se calcula como la división entre el valor presente de los flujos de caja al servicio de la deuda durante la vida programada de la misma con respecto a la deuda vigente (Corality Financial Group, 2017).
- *Project life cover ratio* (PLCR): este ratio es similar al LLCR, la diferencia radica en que el valor presente de los flujos de caja al servicio de la deuda no se calcula sobre la vida programada del préstamo sino sobre la vida total del proyecto (Corality Financial Group, 2017).
- *Cash sweep*: se entiende como el uso obligatorio de excesos de caja para el pago de deuda en vez de la repartición de dividendos (Corality Financial Group, 2017).

2.6 Proyección de tráfico

Con contratos de concesión de aproximadamente treinta años una estimación de tráfico confiable es de gran importancia. La experiencia de Standard & Poor's indica una tendencia optimista en pronósticos de tráfico a través del estudio de ciento cuatro concesiones alrededor del mundo. En la Ilustración 3 se puede observar cómo en promedio la proyección de tráfico para los casos de estudio estuvo entre un 20% - 30% y en la Ilustración 4 se observa el resumen del bajo rendimiento para los años uno a cinco (S&P, 2005).

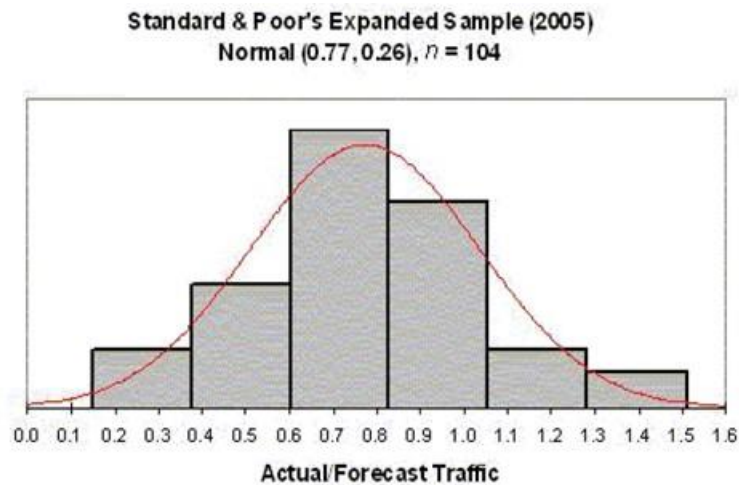


Ilustración 3. Distribución tráfico actual vs tráfico estimado para el año uno (S&P, 2005).

Years from opening	Mean	Standard deviation
Year 1	0.77	0.26
Year 2	0.78	0.23
Year 3	0.79	0.22
Year 4	0.80	0.24
Year 5	0.79	0.25

Ilustración 4. Distribución del desempeño de la proyección de tráfico para los años uno a cinco (S&P, 2005).

2.7 Simulación Montecarlo

La simulación Montecarlo es un método analítico que tiene como fin imitar un sistema real, en donde a partir de datos históricos de ciertas variables se pueden generar ajustes de datos a ciertas distribuciones de probabilidad ya conocidas (Mun, 2003). La simulación genera entonces variables aleatorias una y otra vez de tal forma que se simula un modelo basado en la realidad. La simulación Montecarlo calcula numerosos escenarios de un modelo, permitiendo ver todos los posibles resultados de un proyecto de tal forma que se pueda tomar una decisión más informada.

2.8 Opciones reales

El uso único del flujo de caja descontado para la valoración de ciertos proyectos es inapropiado cuando estos tienen flexibilidad gerencial. La valoración de proyectos con la inclusión de opciones reales permite incorporar la flexibilidad que tienen los dirigentes para tomar decisiones de acuerdo con cambios en el mercado (Mun, 2005). Las opciones reales usan la teoría de las opciones para evaluar activos reales. Por ejemplo, para un inversionista en infraestructura vial la opción de ampliar el alcance del proyecto si se alcanza un

determinado nivel de tráfico para ciertos años puede incrementar considerablemente el valor del mismo. Las opciones reales son importantes pues estas tienen en cuenta la dinámica en futuras decisiones cuando hay posibilidad de adaptarse a cambios del entorno, por el contrario, métodos de valoración tradicional como el VPN asumen una habilidad estática para la toma de decisiones. Algunos casos de opciones reales son: opción de expandir, opción de postergar, opción de abandonar, opción de desagregar inversiones, entre otras.

La valoración por opciones reales requiere de mayor inversión de tiempo y dedicación, por esto se sugiere usar este tipo de análisis cuando se tienen proyectos con VPN cercano a cero, los proyectos con VPN muy positivo deben ser aceptados independientemente del valor de la opción y los proyectos con VPN muy negativo deben ser rechazados sin necesidad de hacer el análisis por opciones reales pues el valor agregado por estas opciones probablemente no será suficiente para aceptar el proyecto. Para la valoración por opciones reales se deben seguir una serie de pasos (Mun, 2005):

- Análisis del valor presente neto para el escenario base: se construye inicialmente un modelo de valoración por flujo de caja descontado.
- Simulación Montecarlo: se genera una simulación para las variables de mayor peso en el valor del proyecto por su variabilidad e impacto.
- Identificación de opciones reales en el proyecto: para el proyecto seleccionado se debe analizar las opciones implícitas que este presenta como: opción de expandir, contratar, abandonar, cambiar, entre otros.
- Modelación y análisis de opciones reales: con el uso de simulación Montecarlo se obtiene una distribución de valores para la serie de flujos de caja. En opciones reales se asume que la variable subyacente es la rentabilidad del proyecto, entendida como la serie de flujos de caja futuros. Se calcula entonces una volatilidad implícita como la desviación estándar de los retornos logarítmicos de la serie de flujos de caja, adicionalmente, el valor presente para el caso base se toma como el valor inicial del activo.

2.8.1 Modelación de las opciones reales

La valoración de una opción real se puede calcular a partir de las diferentes metodologías disponibles para el cálculo de las opciones financieras, tal como árboles binomiales, ecuaciones diferenciales parciales y soluciones *closed-form* (Mun, 2003). De acuerdo con el alcance de este análisis se utilizará la metodología de árboles binomiales por su facilidad en la aplicación y fácil entendimiento para los tomadores de decisiones.

La valoración por árbol binomial tiene siempre asociado la construcción de dos esquemas simultáneamente: un árbol para representar el valor del activo; y otro para representar el valor de la opción. En el primer caso, el árbol binomial representa los diferentes posibles caminos que pueden ocurrir en el valor del proyecto durante la vida de la opción con la premisa de

que el valor del proyecto se comporta de acuerdo con una caminata aleatoria. Se define un número de pasos en donde en cada paso hay una probabilidad de que el valor del proyecto incremente o disminuya en cierto porcentaje, a medida que los pasos son más pequeños, el resultado de la valoración por árbol binomial se acerca al método *Black-Scholes-Merton*. En el segundo caso se tiene el árbol que representa el valor de la opción, en donde su valor se calcula con una metodología *backward induction* al analizar el ejercicio o no de la opción en cada paso, el valor presente de la opción se determina de acuerdo con una evaluación *risk-neutral* (Mun, 2003).

Para el cálculo de ambos árboles se necesita el valor presente del activo subyacente (S), el valor presente del costo de la implementación de la opción (X), la volatilidad implícita del proyecto (σ), el tiempo de expiración de la opción en años (T) y la tasa libre de riesgo (rf). La estimación de los factores de incremento o disminución del valor del activo está dada por las siguientes ecuaciones.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} = \frac{1}{u} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$p = \frac{e^{(rf*\delta t)} - d}{u - d} \quad \text{Ecuación 10}$$

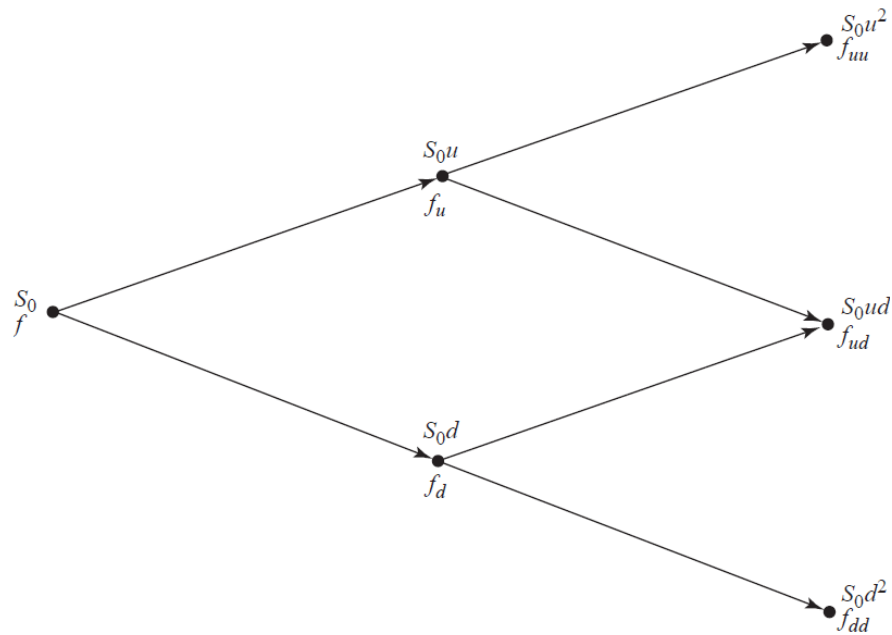
La volatilidad implícita de los retornos del proyecto puede ser la variable más importante a la hora de valorar una opción real. Hay diferentes metodologías para el cálculo de la volatilidad, para este caso de estudio se utiliza el método de *Logarithmic Cash Flow Returns* en donde al igual que el cálculo para la volatilidad del precio de una acción se estima el retorno del flujo de caja de un año con respecto al anterior y después para esa nube de datos se obtiene la desviación estándar (Mun, 2003).

$$X_i = \ln \left(\frac{FC_i}{FC_{i-1}} \right) \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\text{Volatilidad } (\sigma) = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Ecuación 12}$$

En

La



Ilustración

Para

2.9 Investigaciones previas

Varios

Van

Oliveira

Loncar,

Como

3 Método de solución

3.1 Selección y recolección de información de caso de estudio

La

Inicialmente

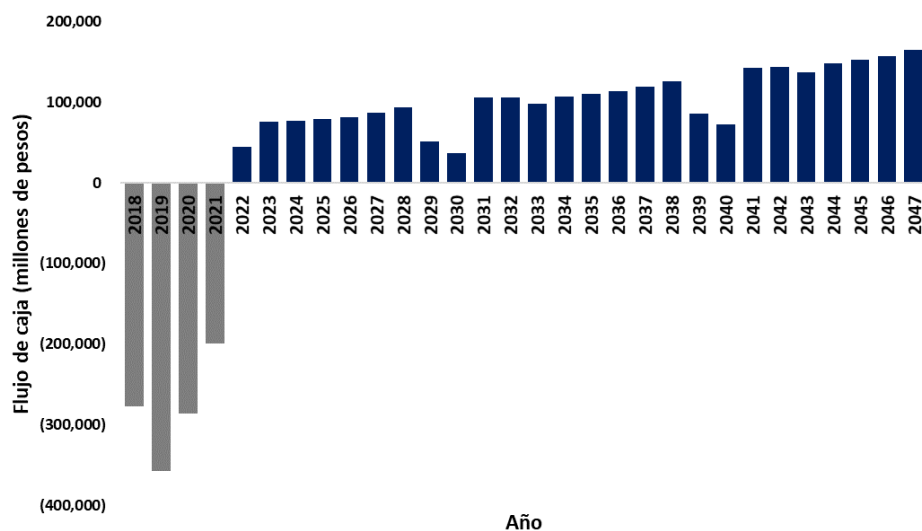
La

Tabla

Unidad Funcional	Origen	Destino	Longitud (Km)	Intervención prevista	Obras Principales que debe Ejecutar	CAPEX
1	Empalme con ruta del sol	Ocaña	11.7	Mejoramiento		\$ 35,100
1	Ocaña	Inicio Variante de Abrego	23.0	Mejoramiento		\$ 69,000
1	Inicio Variante de Abrego	Fin Variante de Abrego	4.9	Construcción		\$ 29,400
1	Fin Variante de Abrego	Inicio Vía de acceso a Túnel Alto del Pozo	27.8	Mejoramiento	Construcción de 7 puentes	\$ 83,400
2	Inicio Vía de acceso a Túnel Alto del Pozo	Inicio Túnel Alto del Pozo	5.1	Construcción	20 viaductos	\$ 30,600
2	Inicio Túnel Alto del Pozo	Fin Túnel Alto del Pozo	4.6	Construcción	1 túnel	\$ 474,400
3	Inicio Vía de acceso PR56+650	63+000	6.4	Rehabilitación		\$ 12,700
3	72+000	Fin Túnel	7.6	Rehabilitación		\$ 15,200
4	Fin de Túnel Alto del Pozo	Sardinata	46.5	Mejoramiento	4 puentes	\$ 139,500
5	Sardinata	El Zulia	52.7	Mejoramiento	14 puentes	\$ 158,190
5	El Zulia	58+000 (7009)	2.2	Construcción	Variante el Zulia	\$ 13,200
6	El Zulia	Cúcuta	5.8	Mejoramiento		\$ 52,020
6	El Zulia	Cúcuta	5.8	Construcción	Construcción de 4 puentes	
Total			204.0			\$ 1,112,710

Se

Perfil de Flujos de Caja



**Ilustración
Para**

Tabla

DATOS DE MERCADO		Observaciones
PMR	4.38%	Implied Risk Premium (Damodaran, 2017)
Rf	2.37%	Bonos USA a 10 años (Bloomberg, 2017)
Beta apalancado Industria	1.31	Beta apalancado industria (Damodaran, 2017)
% Deuda Promedio Industria	30%	Deuda Industria (Damodaran, 2017)
Devaluación	2%	Diferencia tasas inflación
EMBI Colombia	1.95%	Spread Emerging Markets Bond Index (JP Morgan, 2017)

De

acuer

Se plantean los siguientes escenarios de alcance del proyecto cambiando el alcance en las intervenciones para cada unidad funcional en función de la inversión requerida para los tres diferentes casos propuestos de rehabilitación, mejoramiento o construcción con demanda de recursos estimada por kilómetro intervenido de \$2.000, \$3.000 y \$6.000 millones respectivamente.

n

Tabla 3. Escenarios alcance caso de estudio (elaboración propia).

la

RE

R

ef

5

0

9

4

0

1

*

UF	Origen	Destino	Longitud (Km)	Propuesta Gobierno		Escenario 1		Escenario 2	
				Intervención prevista	CAPEX	Intervención prevista	CAPEX	Intervención prevista	CAPEX
1	Empalme con ruta del sol	Ocaña	11.7	Mejoramiento	\$ 35,100	Mejoramiento	\$ 35,100	Mejoramiento	\$ 35,100
1	Ocaña	Inicio Variante de Abrego	23.0	Mejoramiento	\$ 69,000	Mejoramiento	\$ 69,000	Rehabilitación	\$ 46,000
1	Inicio Variante de Abrego	Fin Variante de Abrego	4.9	Construcción	\$ 29,400	Rehabilitación	\$ 9,800	Rehabilitación	\$ 9,800
1	Fin Variante de Abrego	Inicio Vía de acceso a Túnel Alto del Pozo	27.8	Mejoramiento	\$ 83,400	Mejoramiento	\$ 83,400	Rehabilitación	\$ 55,600
2	Inicio Vía de acceso a Túnel Alto del Pozo	Inicio Túnel Alto del Pozo	5.1	Construcción	\$ 30,600	Construcción	NA	Construcción	NA
2	Inicio Túnel Alto del Pozo	Fin Túnel Alto del Pozo	4.6	Construcción	\$ 474,400	Construcción	NA	Construcción	NA
3	Inicio Vía de acceso PR56+650	63+000	6.4	Rehabilitación	\$ 12,700	Rehabilitación	\$ 12,700	Rehabilitación	\$ 12,700
3	72+000	Fin Túnel	7.6	Rehabilitación	\$ 15,200	Rehabilitación	\$ 15,200	Rehabilitación	\$ 15,200
4	Fin de Túnel Alto del Pozo	Sardinata	46.5	Mejoramiento	\$ 139,500	Mejoramiento	\$ 139,500	Rehabilitación	\$ 93,000
5	Sardinata	El Zulia	52.7	Mejoramiento	\$ 158,190	Mejoramiento	\$ 158,190	Rehabilitación	\$ 105,460
5	El Zulia	58+000 (7009)	2.2	Construcción	\$ 13,200	Construcción	\$ 13,200	Construcción	\$ 13,200
6	El Zulia	Cúcuta	5.8	Mejoramiento	\$ 17,340	Mejoramiento	\$ 17,340	Mejoramiento	\$ 17,340
6	El Zulia	Cúcuta	5.8	Construcción	\$ 34,680	Construcción	\$ 34,680	Construcción	\$ 34,680
Inversión Total (millones de pesos)				\$ 1,112,710		\$ 588,110		\$ 438,080	

Para efectos del caso de estudio se evalúan inicialmente el escenario uno, el escenario dos y en un tercer caso el escenario dos con opción de ampliación del alcance propuesto en el escenario uno. Para los dos escenarios propuestos se excluye del alcance la construcción del

túnel, teniendo en cuenta que la inversión requerida es muy alta y solo con fuente de pago en forma de peajes no se logra recuperar la inversión.

3.2 Proyección de variables

Para la construcción del flujo de caja se toma como base algunos de los datos estipulados por la ANI en la prefactibilidad del proyecto, sin embargo, se proyectan las diferentes variables teniendo en cuenta el nuevo alcance y la actualización de información de tráfico a 2016.

- Cronograma: se estipula un proyecto con un periodo de concesión de treinta años, del 2018 al 2047, en donde los cuatro primeros años están presupuestados para la construcción.
- CAPEX: como se puede observar en la
- Tabla 3, la proyección de la inversión inicial requerida se hace con base al tipo de intervención propuesta y la longitud de cada tramo de acuerdo con el presupuesto mencionado previamente.
- OPEX: la proyección de costos por operación y mantenimiento continuo se hace con base a presupuestos de otros proyectos de concesiones viales evaluados previamente en iniciativas privadas. En estos costos se incluyen rubros por operación de las casetas de peaje, la administración de la concesión, la administración del mantenimiento, DITRA y un mantenimiento continuo.

Tabla 4. Supuestos proyección OPEX (elaboración propia).

Presupuesto OPEX - Costos por año		
Ítem	Unidad	Costo (millones)
Peaje	Por caseta	\$ 500
Mantenimiento continuo	Por km	\$ 20
Administracion Operación	Por año	\$ 2,000
Ditra	Por año	\$ 3,000
Administracion Mtto	Por año	\$ 1,600

- Mantenimiento mayor: en los proyectos de concesiones viales se deben programar recursos para mantenimientos mayores según el diseño inicial del pavimento y el tráfico de la vía. El mantenimiento de una vía está compuesto por dos ítems, inicialmente se tiene un programa de parcheo continuo en relación con el uso de la vía y la edad del pavimento, una vez se alcanza el límite de la vida útil del pavimento se procede con un programa de refuerzo que se realiza usualmente a los diez y veinte años después de iniciar la operación de la concesión. Al igual que para el presupuesto de OPEX para la proyección de los costos de mantenimiento se utiliza como base las proyecciones hechas en proyectos similares según el desgaste esperado de la vía para cada año de operación.

El programa de parcheo se estipula según un porcentaje estimado de calzada a rehabilitar, espesor de la capa, corona de la calzada y costo presupuestado de la mezcla.

Tabla 5. Supuestos proyección mantenimiento (elaboración propia).

Parcheo Calz. Rehabilitada		Datos Supuestos	
Año	% a rehabilitar	Corona (m)	10.50
1	0.0%	e (m)	0.05
2	0.5%	\$ millones / m ³ mezcla	1
3	3.0%		
4	5.0%		
5	7.0%		
6	9.0%		
7	12.0%		
8	14.0%		
9	17.0%		
10	20.0%		

Para el programa de refuerzos el presupuesto se construye de manera similar, teniendo en cuenta la longitud de la corona, el espesor de la carpeta y el costo de la mezcla asfáltica. A diferencia del programa de parcheo en este caso se plantea una re-carpeta para la totalidad de la vía y se deja un presupuesto adicional para bacheos en puntos críticos que adicional a la re-carpeta incluyen colocación de subbase y base granular.

- Ingresos: para la proyección de los ingresos se tienen dos variables a evaluar: el tráfico y la tarifa.

El recaudo de peajes se estipula desde el inicio de la construcción con una unidad funcional cero, donde se plantea el mantenimiento de la vía, la tarifa se estipula inicialmente según los precios actuales de peajes categoría tipo C con un incremento del 30% una vez entren en operación las diferentes unidades funcionales. Se tiene en cuenta adicionalmente la disminución en el ingreso por el aporte que se debe hacer al fondo de seguridad vial.

Para el proyecto se establecen tres casetas de peajes, una en el tramo Ocaña – Chapinero, la segunda en el tramo Alto del Pozo – Sardinata y finalmente una en el tramo El Zulia – Cúcuta. Para esta última se establece un factor de disminución de tráfico del 15%, esto pues se considera que gran parte de la población que circula en esta ruta vive en la zona y se evitarían problemas de carácter social al liberar estas personas del cobro de la tarifa.

Los datos de tráfico se actualizan según la serie histórica de tránsito promedio diario actualizada a 2016 según publicaciones del INVIAS (INVIAS, 2017) y no por el

estudio de tráfico reportado en prefactibilidad por parte de la ANI, esto pues se identificó que esta última al ser comparada con datos reales para los últimos años se encontraba por debajo del tráfico real. Siendo la variable de tráfico una de las más representativas a la hora de evaluar el desempeño financiero del proyecto y siendo a su vez sobre la que menor capacidad de manejo y control del riesgo tiene el *sponsor* se construye un pronóstico ARIMA con simulación Montecarlo.

Para la construcción de series de tiempo basadas en el modelo ARIMA se toman los datos de tráfico para los tramos Ocaña – Chapinero (Peaje 1), Alto del pozo – Sardinata (Peaje 2) y El Zulia – Cúcuta (Peaje 3) desde el año 1997 al 2016 con frecuencia anual. Por medio de la herramienta @Risk se genera el ajuste para cada caso teniendo en cuenta que se cumpla la condición de estacionariedad de la serie, ausencia de correlación de residuales y significancia de los parámetros estimados.

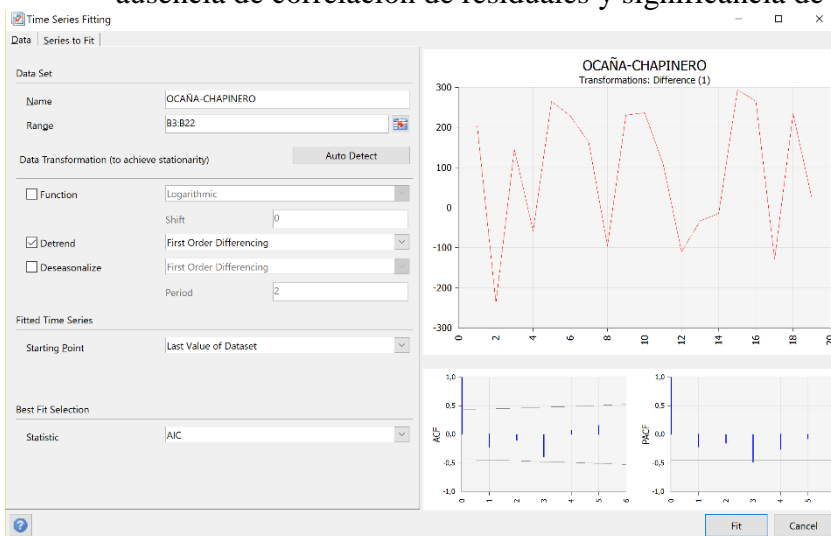


Ilustración 7. Ajuste serie de tiempo Ocaña – Chapinero

Tabla 6. Ranking ajustes Ocaña - Chapinero.

Fit	AIC
MA(1)	245.79
MA(2)	248.97
ARMA(1,1)	252.73
AR(1)	253.64
AR(2)	256.39
ARCH(1)	304.66

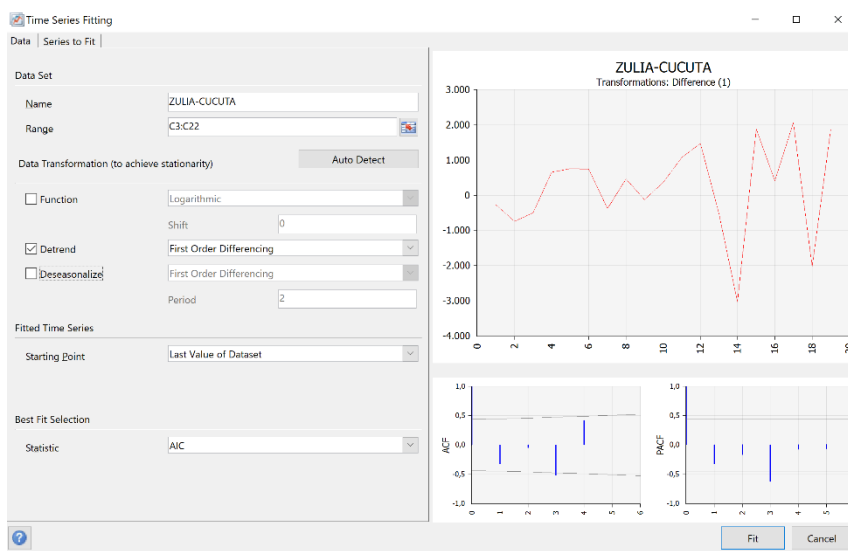


Ilustración 8. Ajuste serie de tiempo El Zulia – Cúcuta.

Tabla 7. Ranking ajustes El Zulia - Cúcuta.

Fit	AIC
MA(1)	317.24
MA(2)	320.34
ARMA(1,1)	327.51
AR(1)	331.03
AR(2)	333.68

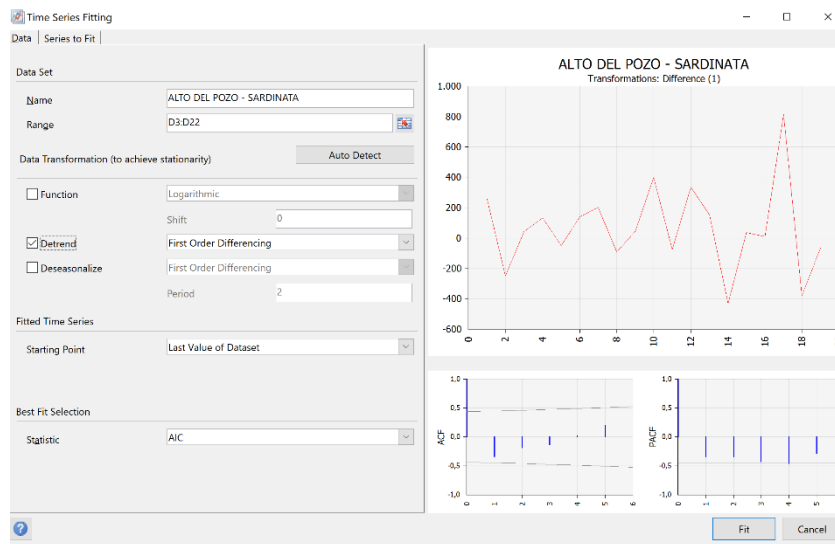


Ilustración 9. Ajuste serie de tiempo Alto del Pozo - Sardinata.

Tabla 8. Ranking ajustes Alto del Pozo - Sardinata.

Fit	AIC
MA(1)	261.41
MA(2)	268.32
ARMA(1,1)	272.67
AR(1)	272.76
AR(2)	272.78
ARCH(1)	365.3

De esta forma se estima una proyección de series de tiempo MA(1) para los tres casos en donde se establecen las proyecciones en primeras diferencias. Con estas proyecciones se lleva a cabo posteriormente una simulación Montecarlo de acuerdo con la generación de números aleatorios. La variación del tráfico será la variable que determina la volatilidad implícita en los flujos de caja del proyecto y en la rentabilidad del mismo.

- **Impuestos:** se asume una tasa impositiva sobre la renta del 33%, con un componente de renta presuntiva del 3.5%. Se incluyen adicionalmente otros impuestos operativos como la contribución especial para los contratos de APP (0.25%), gravamen a movimientos financieros (0.4%), impuesto de industria y comercio (0.8%) e impuesto de registro (1%).
- **Macroeconómicos:** el modelo se construye en pesos constantes.

Finalmente, para obtener los flujos de caja libre operativos para cada uno de los escenarios de acuerdo con la cascada de flujos de caja presentada en la Ilustración 2 es importante resaltar dos hechos económicos que impactan el tiempo de ocurrencia de los flujos:

- **Ingresos durante unidad funcional cero:** se estipula unos ingresos por mantenimiento de la concesión durante construcción a partir del cuarto año. Estos ingresos, sin embargo, no son recibidos por el concesionario en este tiempo sino que son reservados hasta el momento en que se entreguen a la operación la totalidad de las unidades funcionales. Este hecho causa que para el año cinco se presente un ingreso superior pues tiene dos años acumulados de recaudo de peaje.
- **Cuenta de reserva de mantenimiento mayor (CRMM):** como se mencionó previamente en los proyectos de infraestructura vial en el largo plazo es usual tener reinversiones considerables durante la etapa operativa. Bajo el esquema de *Project*

Finance se genera usualmente una CRMM en donde se espera que el proyecto vaya reservando caja para el momento en que se requieran estas reinversiones. Para este caso se modela una CRMM en donde se condiciona la reserva de flujos para el mantenimiento programado de los dos años siguientes.

3.3 Construcción del modelo financiero – incluyendo financiación

Una vez proyectadas las variables operativas del proyecto se procede con la valoración de los beneficios de apalancamiento para cada uno de los proyectos. Para esta valoración se construye un modelo financiero bajo los parámetros y coberturas requeridas por proyectos tipo *Project Finance* y se aplica el método *Adjusted Present Value* para definir el valor. Para la evaluación y cierre financiero del proyecto se realiza entonces la proyección del flujo de caja, el estado de situación financiera y el estado de resultados. Más adelante se enumeran los supuestos adicionales que se tuvieron en cuenta para esta valoración.

Para lograr financiación de proyectos por *Project Finance* es usual que se requieran cumplir ciertos ratios de cobertura y establecer cuentas de reserva para obtener los préstamos. Esta condición define el esquema de deuda a conseguir, para este caso de estudio se establecieron los siguientes puntos para la proyección del flujo de caja:

- % Deuda: 30%. Intereses durante construcción y comisiones de deuda capitalizables para incrementar valor del activo a depreciar.
- Plazo repago deuda máximo: quince años.
- Mínimo DSCR: 1.3.
- Meses en cuenta de reserva al servicio de la deuda: tres.
- *Cash sweep*: puede variar dependiendo de los requerimientos de pago de deuda para cada uno de los escenarios.
- Comisión colocación de deuda: 1%.
- Esquema de depreciación: línea recta.
- Costo deuda: IPC + 3%.
- Reserva legal: se establece una dotación de reserva legal del 10% de la utilidad del periodo.
- Caja mínima: tres días de caja después de repartir dividendos.
- El reparto de dividendos se establece según la caja disponible para los inversionistas. Para repartir dividendos se tiene como condición que la utilidad acumulada de la concesión sea positiva.

- Reducción de capital: se establece una reducción de capital cuando se tiene un exceso de caja disponible después de haber repartido dividendos. Al final de la concesión se propone una disolución de la sociedad que reparte remanentes de la misma.

Con estos supuestos adicionales se hace la proyección del flujo de caja, estado de situación financiera, y balance general, de tal forma que se pueda generar una valoración confiable del proyecto, incluyendo la simulación del tráfico proyectado. A continuación, se presenta el esquema de flujos de caja del proyecto para el escenario dos para una réplica determinada.

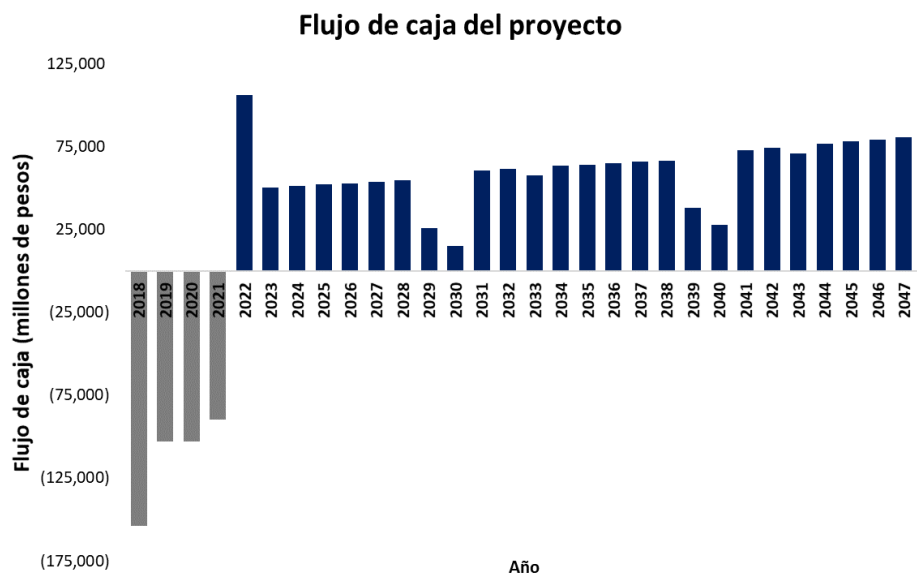


Ilustración 10. Flujo de caja del proyecto con costos de financiación escenario dos (elaboración propia).

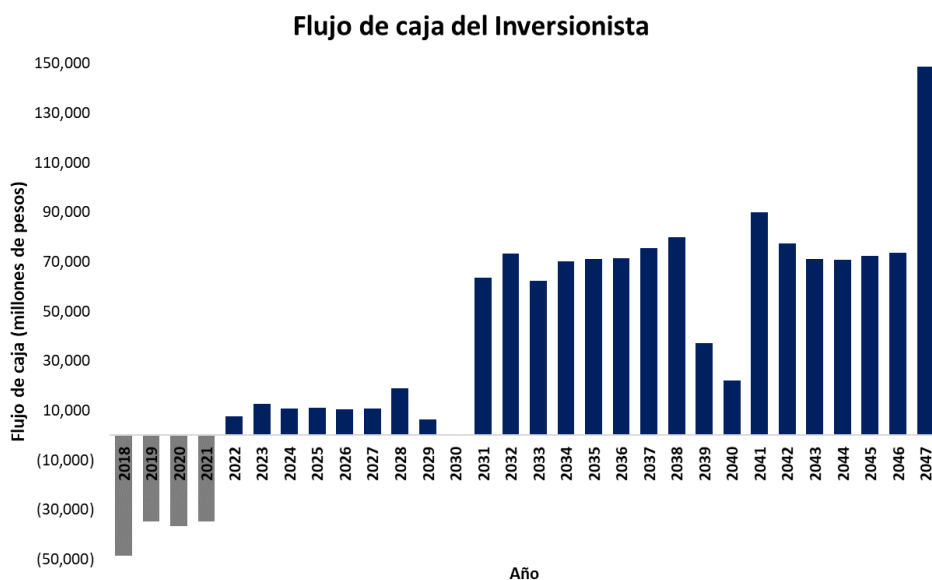


Ilustración 11. Flujo de caja del inversionista escenario dos (elaboración propia).

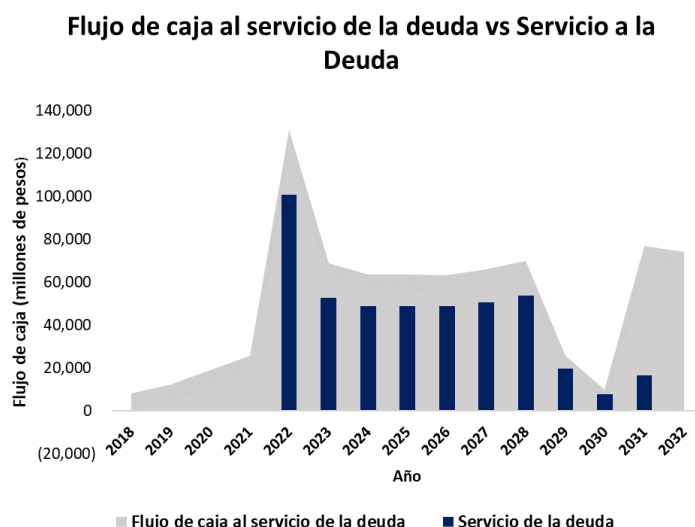


Ilustración 12. Flujo de caja al servicio de la deuda vs servicio de la deuda escenario dos (elaboración propia).

Con el cierre del modelo financiero para cada uno de los escenarios de acuerdo con los criterios definidos se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 9. Resultados valoración escenario uno y dos (elaboración propia).

	Escenario Proyecto	
	1	2
CAPEX Total	\$ 642,796	\$ 482,023
Equity	\$ 192,839	\$ 144,607
Deuda	\$ 449,957	\$ 337,416
Plazo Deuda	15.00	12.00
NPV @ ku	-\$ 11,687	\$ 77,016
Beneficios Tributarios	\$ 42,532	\$ 25,914
APV	\$ 30,844	\$ 102,930
Desviacion APV	\$ 15,768	\$ 17,359
TIR Proyecto	10.16%	12.95%
TIR Inversionista	11.16%	15.39%
DSCR Mínimo	1.30	1.30
LLCR	1.34	1.71
PLCR	2.09	2.67

De la Tabla 9 se puede concluir que aunque ambos proyectos presentan resultados positivos para el *Adjusted Present Value* (APV) el escenario uno cuando se evalúa el proyecto sin el efecto del apalancamiento presenta resultados negativos y teniendo en cuenta una volatilidad

de \$15.768 millones en el valor esperado del proyecto se puede concluir que este escenario sería muy riesgoso para llevar a cabo. Por otro lado, el escenario dos presenta resultados más acordes con el riesgo del sector de la construcción en el país. Ahora bien, teniendo en cuenta estos resultados se evalúa una opción de ampliación del escenario dos al escenario uno para ver los efectos que esta podría tener sobre el valor total.

3.4 Construcción de modelo financiero para evaluación de volatilidad en flujos de caja operativos

Para la valoración de la opción se evalúa entonces la volatilidad implícita en los flujos de caja del escenario dos. Al observar los resultados de la simulación y los retornos obtenidos en cada año se obtiene un valor para la volatilidad implícita del 90%. Un valor muy alto para proyectos de este tipo teniendo en cuenta que la única variable que se simuló fue la del tráfico esperado. Analizando la información se observa un efecto amplificador del riesgo para los años cinco, doce, trece, veintidós y veintitrés, coincidentes con la acumulación de ingresos de peajes para el año cinco y los mantenimientos mayores programados en las dos etapas previstas. Puesto que estos cambios bruscos en el resultado del flujo de caja obedecen más a condiciones contractuales previstas del proyecto más que a un riesgo esperado en estos flujos se decide ajustar el modelo del flujo de caja solo para efectos del cálculo de la volatilidad implícita. Se realizan principalmente dos ajustes, inicialmente, para el caso de los ingresos no se acumulan para el año cinco, sino que se recaudan para el año real en que se dio la ocurrencia de los mismos, y para el caso del mantenimiento mayor programado se genera una provisión año a año de acuerdo con las normas para el cálculo de la provisión de obligaciones futuras, en este caso se calcula actualizando a valor presente los costos esperados de mantenimiento mayor para una vida útil de diez años.

Con estos dos ajustes se normaliza el comportamiento del flujo de caja y se procede a calcular nuevamente la volatilidad implícita de los retornos del proyecto desde el momento en que empieza en operación la concesión, es decir, a partir del año cinco.

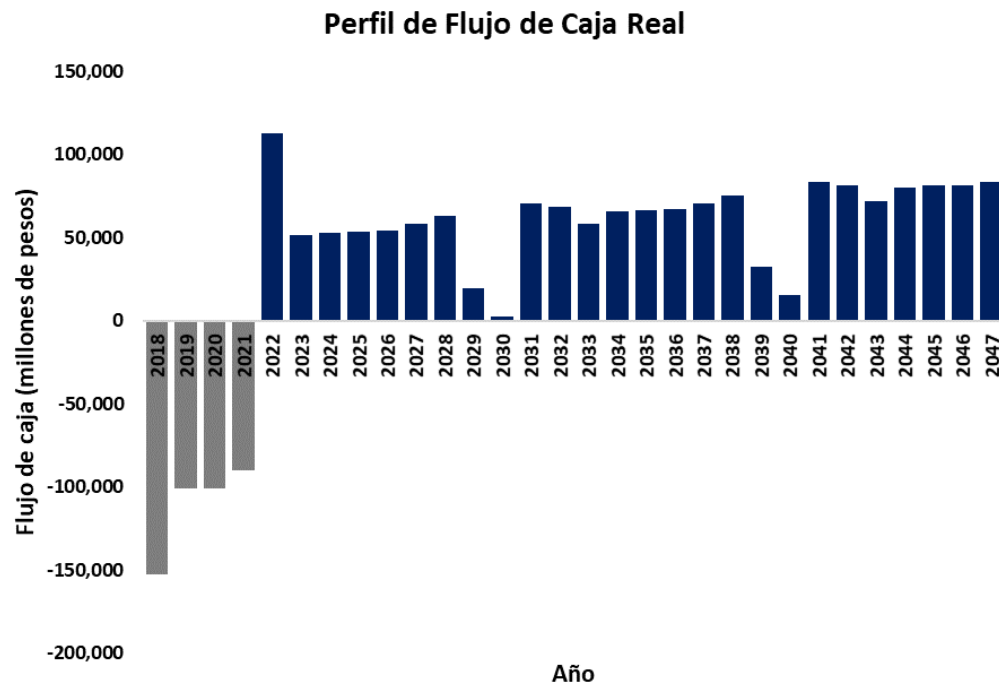


Ilustración 13. Perfil flujo de caja del proyecto (elaboración propia).

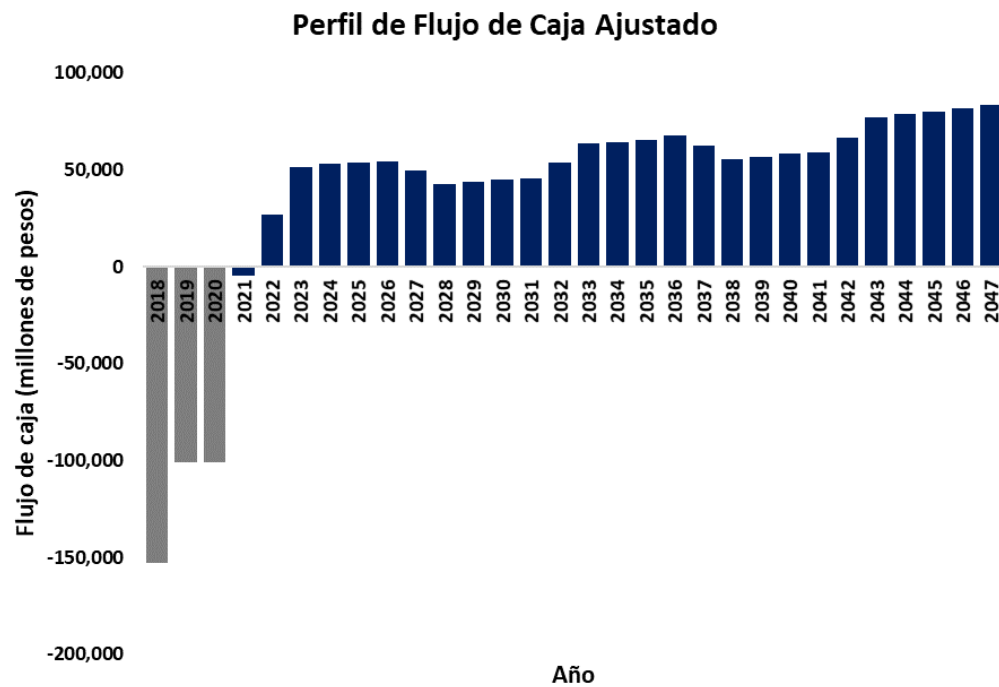


Ilustración 14. Perfil flujo de caja del proyecto ajustado (elaboración propia).

Puesto que la volatilidad es la variable que define en mayor medida el valor de la opción, se propone obtener a partir de las diferentes réplicas de la simulación del modelo financiero una nube de datos que permita obtener no una estimación puntual de esta variable, sino una estimación que siga un proceso estocástico. Se construye un histograma de datos y se realiza un ajuste de datos a una distribución de probabilidad.

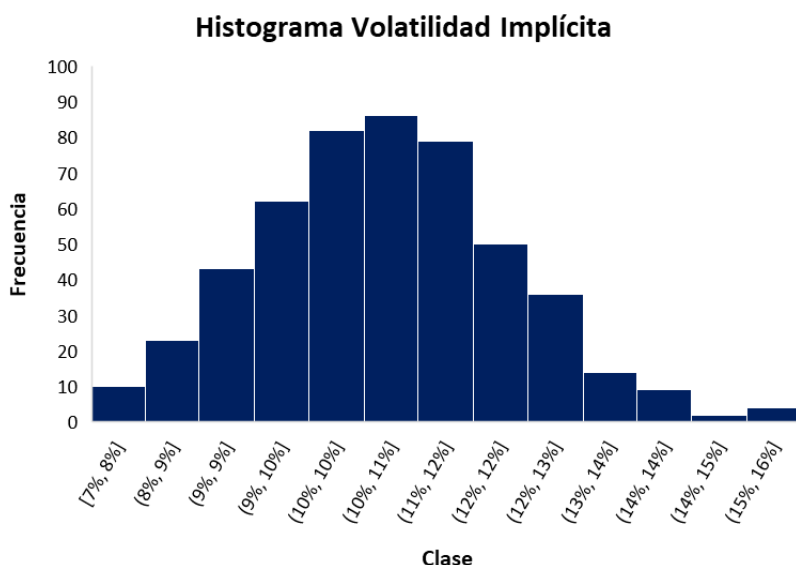


Ilustración 15. Histograma de volatilidad implícita (elaboración propia).

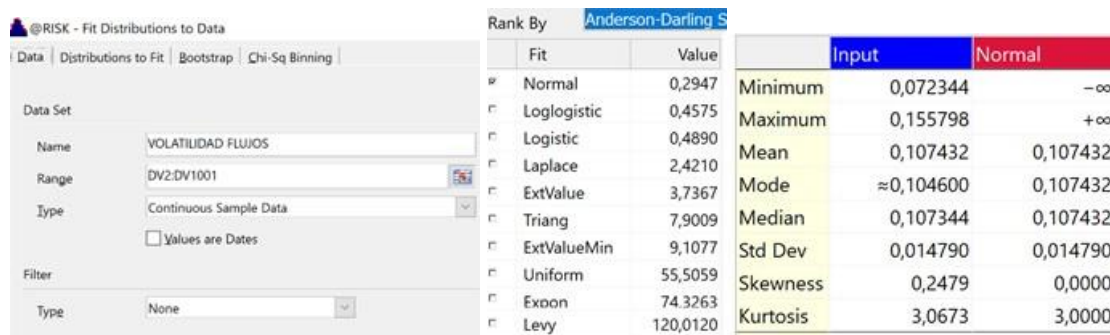


Ilustración 16. Ajuste datos volatilidad implícita (elaboración propia).

De esta manera se obtiene entonces una estimación para el comportamiento de la volatilidad implícita de acuerdo con una distribución normal con $\mu=0.1074$ y $\sigma=0.01479$.

3.5 Construcción del modelo financiero para valoración de opción

En este caso de estudio se plantea la opción de ampliación de la concesión del escenario dos al escenario uno, es decir, una inversión adicional de \$150.030 millones a cambio de un incremento en el plazo de la concesión por cinco años. En el caso de estudio se evaluará los efectos sobre el valor para el *sponsor* del proyecto si la opción tiene como años de ejecución el 2026, 2031 y 2036 de la concesión, es decir, en los años cinco, diez y quince de la etapa de operación del proyecto.

Tabla 11. Árbol binomial valor opción de expansión (elaboración propia).

Valor Opción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	\$ 52,398	\$ 61,996	\$ 73,049	\$ 85,721	\$ 100,192	\$ 116,660	\$ 135,356	\$ 156,544	\$ 180,534	\$ 207,669
2		\$ 33,885	\$ 41,189	\$ 49,808	\$ 59,899	\$ 71,621	\$ 85,133	\$ 100,601	\$ 118,218	\$ 138,255
3			\$ 17,935	\$ 22,745	\$ 28,704	\$ 36,017	\$ 44,892	\$ 55,513	\$ 67,995	\$ 82,311
4				\$ 6,071	\$ 8,215	\$ 11,114	\$ 15,036	\$ 20,341	\$ 27,518	\$ 37,224
5					\$ 189	\$ 258	\$ 351	\$ 478	\$ 651	\$ 886
6						\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
7							\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
8								\$ 0	\$ 0	\$ 0
9									\$ 0	\$ 0
10										\$ 0

Con este esquema se corren quinientas réplicas y se obtienen los siguientes datos:

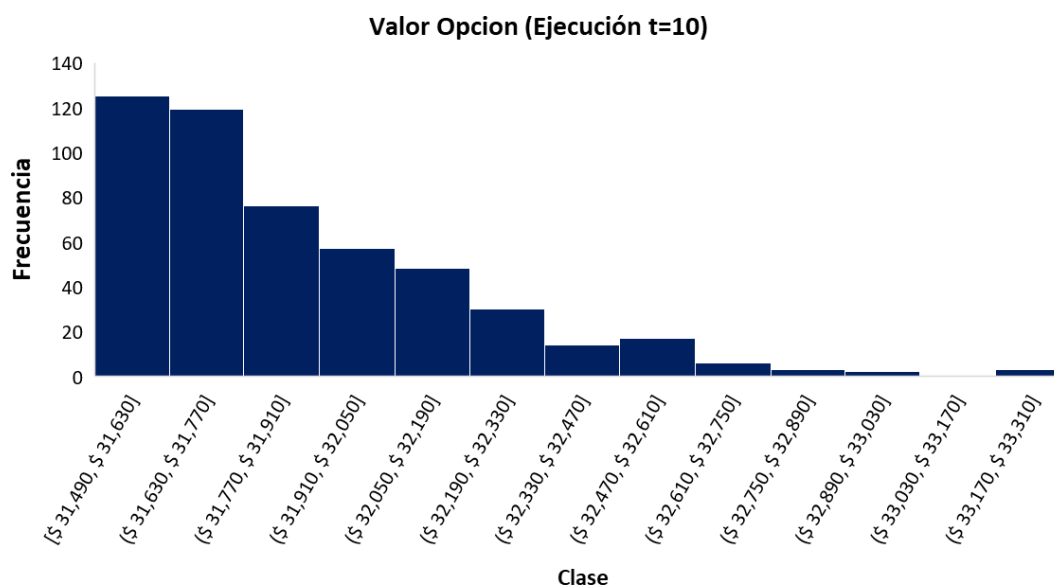


Ilustración 18. Distribución de datos Valor Opción de expansión tiempo de ejecución diez años (elaboración propia).

Con esta misma estructura se evalúa la opción con ejecución en el año cinco y en el año quince. Puesto que la volatilidad implícita sigue un proceso estocástico el valor de la opción también se comporta de igual manera. El valor de la opción definida por el árbol binomial está ubicada en el año cuatro, para obtener el valor en el momento de evaluación del proyecto se actualiza este valor cuatro años. A continuación, se presentan los resultados para las tres opciones valoradas.

Tabla 12. Valor Opción Expansión en T=5, 10, 15 (elaboración propia).

Escenario	Media	Desviación Estándar
Ejecucion en T=5	\$ 13,847	\$ 778
Ejecucion en T=10	\$ 31,869	\$ 318
Ejecucion en T=15	\$ 45,694	\$ 150

4 Análisis de resultados y conclusiones

En la Tabla 13 se puede observar la gran afectación que tiene en el valor del proyecto realizar inversiones en uno u otro momento determinado. Como se concluyó previamente a pesar de que el escenario uno del proyecto presenta un APV positivo este está muy cercano a cero teniendo en cuenta las posibles desviaciones en los flujos y disminución del tráfico con respecto a las proyecciones. Al evaluar el escenario dos únicamente se puede observar que para este caso sí se tiene un proyecto base bancable según los riesgos asumidos en el sector. El valor de la opción de ampliación aparece como una alternativa llamativa pues incrementa el valor del proyecto para los tres escenarios de ejecución, es importante resaltar que mientras más alejado sea el tiempo de ejecución de esta opción de ampliación mayor será el valor percibido por la misma. De las diferencias en el valor total se puede observar cómo se pasa de un valor de \$30.844 millones a un mínimo de \$116.777 millones por ejecutar las obras en el momento adecuado según demanda y realizar una administración activa de la concesión. De los resultados obtenidos en las diferentes valoraciones se resume lo siguiente:

Tabla 13. Resultados consolidados valoración proyecto y opción de ampliación (elaboración propia).

Escenario Proyecto	Escenario Opción	CAPEX Inicial (millones \$)	CAPEX Opcional (millones \$)	k_u	APV	Desviación	Valor Opcion	Valor Total
1	No Aplica	\$ 588,110	\$ 0	10.51%	\$ 30,844	\$ 15,768	\$ 0	\$ 30,844
2	No Aplica	\$ 438,080	\$ 0	10.51%	\$ 102,930	\$ 17,359	\$ 0	\$ 102,930
2 con ampliacion a 1	Ejec. año 5	\$ 438,080	\$ 150,030	10.51%	\$ 102,930	\$ 17,359	\$ 13,847	\$ 116,777
2 con ampliacion a 1	Ejec. año 10	\$ 438,080	\$ 150,030	10.51%	\$ 102,930	\$ 17,359	\$ 31,869	\$ 134,799
2 con ampliacion a 1	Ejec. año 15	\$ 438,080	\$ 150,030	10.51%	\$ 102,930	\$ 17,359	\$ 45,694	\$ 148,624

No obstante, aún quedan por desarrollar metodologías y estrategias que permitan la valoración de las opciones reales de una manera más intuitiva y aplicable para el sector real, en este caso de estudio se propuso el uso de simulación Montecarlo y árboles binomiales. Los resultados arrojados por el caso de estudio permiten apreciar el valor que puede generar la valoración de opciones reales dentro de contratos tipo APP, en donde se pueden presentar varias alternativas para los concesionarios a medida que se va presentando nueva información. Actualmente el marco contractual de los proyectos de APP en Colombia no permite incluir este tipo de alternativas que si son consideradas previamente e incluidas dentro de los contratos de los proyectos pueden generar incentivos adicionales para inversionistas teniendo en cuenta el riesgo de construcción y demanda al que están expuestos.

Realizar las inversiones en infraestructura en el momento en el que realmente se necesita determina el éxito y desarrollo del sector. Hoy en día es usual encontrar proyectos que necesitan mucho apoyo del sector público pues aún no son rentables desde el punto de vista financiero o, por el contrario, proyectos que se pudieron haber ejecutado mucho tiempo atrás debido al alto tráfico que presentaban y dejaron pasar sus oportunidades de desarrollo por varios años. Las opciones reales le brindan herramientas adicionales al sector privado para

administrar bienes públicos de la manera más eficiente, lo que repercute en un beneficio social y de desarrollo económico en el largo plazo.

5 Referencias

Alfen, B. W. (2010). *Infrastructure as an Asset Class: Investment Strategies, Project Finance and PPP*. New Jersey: John Wiley & Sons.

ANI. (2014). www.infraestructura.org.co. Recuperado el 20 de septiembre de 2014, de <http://www.infraestructura.org.co/10congreso/aplicacion/qr/descargas/miercoles/tarde/andrade.pdf>

ANI. (08 de 2017). [ftp.ani.gov.co](ftp://ftp.ani.gov.co). Obtenido de <ftp://ftp.ani.gov.co/Tercera%20Ola/Oca%C3%B1a%20Cucuta/>

Berk, DeMarzo. (2014). *Corporate Finance*. Boston: Pearson.

Bloomberg. (5 de mayo de 2014). www.bloomberg.com. Recuperado el 5 de mayo de 2014, de <http://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/government-bonds/us/>

Bloomberg. (13 de december de 2017). www.bloomberg.com. Obtenido de <https://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/government-bonds/us>

Bodmer, E. (2014). *Corporate and Project Finance Modeling*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Chiara, G. y. (2007). Valuing Simple Multiple-Exercise Real Options in Infrastructure Projects. *Journal of Infrastructure Systems*, 97-104.

Corality Financial Group. (september de 2017). www.corality.com. Obtenido de www.corality.com/tutorials

Damodaran. (january de 2017). pages.stern.nyu.edu. Obtenido de http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Damodaran. (1 de december de 2017). pages.stern.nyu.edu. Obtenido de <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

Damodaran, A. (2014). <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>. Recuperado el 13 de abril de 2014, de <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

DANE. (2014). www.dane.gov.co. Recuperado el 13 de abril de 2014, de <http://www.dane.gov.co/index.php/es/precios-e-inflacion/indice-de-costos-de-la-construccion-pesada-iccp>

- Economist Intelligence Unit. (2014). *Evaluating the environment for public-private partnerships in Latin America and the Caribbean: The 2014 Infrascopes*. New York: EIU.
- Financiera de Desarrollo Nacional. (25 de noviembre de 2016). www.fdn.com.co. Obtenido de <http://www.fdn.com.co/es/informacion-general/presentaciones>
- Fondo Monetario Internacional. (2014). www.imf.org. Recuperado el 14 de septiembre de 2014, de <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/download.aspx>
- Gatti, S. (2012). *Project Finance in Theory and Practice: Designing, Structuring, and Financing Private and Public Projects*. Londres: Academic Press.
- IDB. (2013). *Rethinking Reforms: How Latin America and the Caribbean can escape suppressed world growth*. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- INFRASCOPE. (2 de septiembre de 2017). www.infralatam.info. Obtenido de <http://infralatam.info/>
- INVIAS. (23 de octubre de 2017). www.invias.gov.co. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6609-serie-historica-de-transito-promedio-diario-actualizada-tpd-2016-publicacion>
- JP Morgan. (december de 2017). www.datamarket.com. Obtenido de <https://datamarket.com/data/set/1dme/jp-morgan-emerging-markets-bond-index-embt#!display=table&ds=1dme!x88=9/60hj!a43k=1c>
- Loncar et al. (2017). Compound real options valuation of renewable energy projects: The case of a wind farm in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 354-367.
- Loncar, D. (2011). Applicative model for appraisal of investment projects based on real options methodology. *Serbian Journal of Management*, 269-282.
- Mattar y Cheah. (2006). Valuing large engineering projects under uncertainty. *Construction Management and Economics*, 847-860.
- Mauney, D. A. (2012). *Using Financial/Decision Analysis Risk Optimization to Prioritize Maintenance Expenditures, Justify Maintenance Spending and Maximise the NPV Savings of The Maintenance Function*. Recuperado el marzo de 2014, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.144.7308&rep=rep1&type=pdf>
- Morgan, J. (5 de mayo de 2014). www.ambito.com. Recuperado el 5 de mayo de 2014, de <http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=4>

- Mun, J. (2003). *Real Options Analysis Course: Business Cases and Software Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Mun, J. (2005). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Oliveira y Cunha. (2013). Flexible contracts to cope with uncertainty in public-private partnerships. *International Journal of Project Management*, 473-483.
- Portafolio. (2016 de febrero de 2016). A tercera ola de vías 4G solo la salvaría las APP privadas. *Portafolio*.
- Rathnakar and Ryan. (2005). www.lib.dr.iastate.edu. Obtenido de https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.co/&httpsredir=1&article=1025&context=imse_pubs
- S&P. (2005). *Traffic Forecasting Risk Study: Update 2005: Through Ramp-Up and Beyond*. London: Standard & Poor's.
- The World Bank. (2007). *Infrastructure in Latin America and the Caribbean: Recent Developments and Key Challenges*. Washington, DC: The World Bank.
- Van de Rhee; Pieteres & Van de Voort. (2008). Real Options applied to infrastructure projects: a new approach to valuing and managing risk and flexibility. *Infrastructure Systems and Services: Building Networks for a Brighter Future (INFRA) 2008 First International Conference on*. Rotterdam: IEEE.
- WEF. (2013). *Strategic Infrastructure: Steps to prepare and accelerate public-private partnerships*. Geneva: World Economic Forum.